



Analisis Potensi dan Perencanaan PLTMH di Bendung Gerak Babat

Moh. Zulfan Andiansa Misbahuddin¹, Agus Sulistiawan², Pelangi Eka Yuwita³

¹²³Prodi Teknik Mesin Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Nahdlatul Ulama Sunan Giri
zulfanandiansa@gmail.com

Abstract

This study aims to assess the hydro energy potential for developing a Micro Hydro Power Plant (PLTMH) at the Babat Movable Dam in Lamongan Regency. The research adopts a descriptive-analytic approach, with field observations and technical calculations as the main methods. Data on water discharge was obtained through manual measurement using the float method, and head data was gathered using elevation analysis via Google Earth. The measured average discharge is 415.80 m³/s, and the effective head (headnett) is 2.95 meters. Using standard hydropower equations and assuming ideal system efficiency, the calculated power output reaches approximately 8,939 kW. Based on these parameters, the Kaplan turbine is identified as the most suitable type, given its performance under high-discharge and low-head conditions. The findings confirm that Babat Dam holds sufficient and sustainable water potential to support micro-hydro power generation. The site is suitable for renewable energy development in rural areas, especially those not yet connected to the main electricity grid.

Keywords: *micro hydro, float method, headnett, kaplan turbine, babat dam*

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji potensi energi air sebagai sumber pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH) di Bendung Gerak Babat, Kabupaten Lamongan. Studi ini dilatar belakangi oleh tingginya kebutuhan energi listrik serta potensi sumber daya air yang belum dimanfaatkan secara optimal. Metode penelitian yang digunakan adalah deskriptif analitik dengan pendekatan studi lapangan dan perhitungan teknis. Pengumpulan data dilakukan melalui observasi langsung, studi literatur, serta dokumentasi data debit dan topografi dari instansi terkait. Debit air diukur menggunakan metode apung, sedangkan tinggi jatuh efektif (*headnett*) ditentukan dengan bantuan data elevasi dari *Google Earth*. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa rata-rata debit air sebesar 415,80 m³/s dan *headnett* setinggi 2,95 meter. Berdasarkan parameter tersebut serta efisiensi sistem turbin dan generator, diperoleh estimasi daya listrik sebesar 8.939 kW. Dengan mempertimbangkan karakteristik aliran dan ketinggian, jenis turbin yang paling sesuai adalah turbin Kaplan, yang optimal digunakan pada kondisi debit besar dan *head* rendah. Hasil penelitian ini membuktikan bahwa Bendung Gerak Babat memiliki potensi layak untuk dikembangkan sebagai sumber energi mikro hidro yang berkelanjutan, efisien, dan ramah lingkungan, terutama dalam mendukung penyediaan energi di wilayah pedesaan dan terpencil.

Kata kunci: debit air, metode apung, turbin kaplan, *headnett*, PLTMH

1. Pendahuluan

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan pokok dalam kehidupan manusia di era modern. Pemanfaatannya tidak hanya terbatas pada rumah tangga, tetapi juga meluas ke sektor industri, perdagangan, transportasi, dan layanan publik. Seiring dengan meningkatnya populasi dan pertumbuhan ekonomi, kebutuhan terhadap energi listrik di Indonesia terus meningkat setiap tahunnya. Namun, ketergantungan terhadap bahan bakar fosil seperti batu bara dan diesel masih sangat tinggi. Kondisi ini berdampak pada tingginya emisi karbon, biaya produksi energi yang mahal, serta ketahanan energi

nasional yang rentan terhadap fluktuasi harga energi global [1].

Di sisi lain, masih terdapat wilayah-wilayah di Indonesia yang belum mendapatkan akses listrik secara merata, terutama daerah pedesaan dan terpencil yang sulit dijangkau oleh jaringan listrik utama[2]. Salah satu solusi yang dinilai efektif, berkelanjutan, dan ramah lingkungan adalah pemanfaatan energi baru terbarukan (EBT). Energi hidro skala kecil, seperti Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH), menjadi alternatif yang menjanjikan

karena memanfaatkan potensi aliran air yang tersedia secara alami, dengan skala pengembangan yang relatif kecil dan biaya operasional yang rendah [3].

PLTMH merupakan sistem pembangkit listrik yang menggunakan tenaga air dengan kapasitas kurang dari 10 MW, dan biasanya digunakan untuk melistriki daerah-daerah terpencil. Komponen utama PLTMH meliputi bendung, saluran pembawa, bak penenang, pipa pesat (*penstock*), turbin, dan generator[4]. Energi potensial air dikonversi menjadi energi mekanik melalui turbin, yang kemudian diubah menjadi energi listrik oleh generator. Pemanfaatan PLTMH tidak hanya mendukung kemandirian energi lokal, tetapi juga sejalan dengan kebijakan pemerintah dalam meningkatkan porsi energi terbarukan dalam bauran energi nasional [5].

Kabupaten Lamongan di Provinsi Jawa Timur memiliki potensi sumber daya air yang cukup besar, khususnya di kawasan yang dilalui oleh Daerah Aliran Sungai (DAS) Bengawan Solo. Salah satu infrastruktur pengendali air yang penting di wilayah ini adalah Bendung Gerak Babat yang terletak di Desa Kendal, Kecamatan Sekaran. Bendung ini awalnya dibangun untuk keperluan irigasi, pengendalian banjir, dan penyediaan air baku. Namun, potensi energi air dari bendung ini belum sepenuhnya dimanfaatkan untuk pembangkitan listrik. Debit air yang besar dan keberadaan beda elevasi (*head*) menjadikan lokasi ini sangat potensial untuk dikembangkan menjadi PLTMH yang berkelanjutan [6].

Beberapa studi sebelumnya telah menunjukkan bahwa pemanfaatan aliran air pada bendung atau sungai dapat menghasilkan energi listrik yang cukup signifikan. Pangestu (2019) melakukan studi pada Bendung Gerak Bojonegoro dan memperoleh debit sebesar 247 m³/s dengan *head* 2 meter, menghasilkan potensi daya sebesar 3.693 MW dengan turbin Kaplan atau *crossflow* [7]. Sementara itu, Beni (2019) meneliti perencanaan PLTMH di Papua Barat dan merancang sistem pembangkit berdasarkan debit air 0,65 m³/s dengan daya hasil 10 kW[8]. Penelitian-penelitian tersebut menegaskan pentingnya pengukuran debit dan *head* sebagai dasar teknis dalam perencanaan PLTMH.

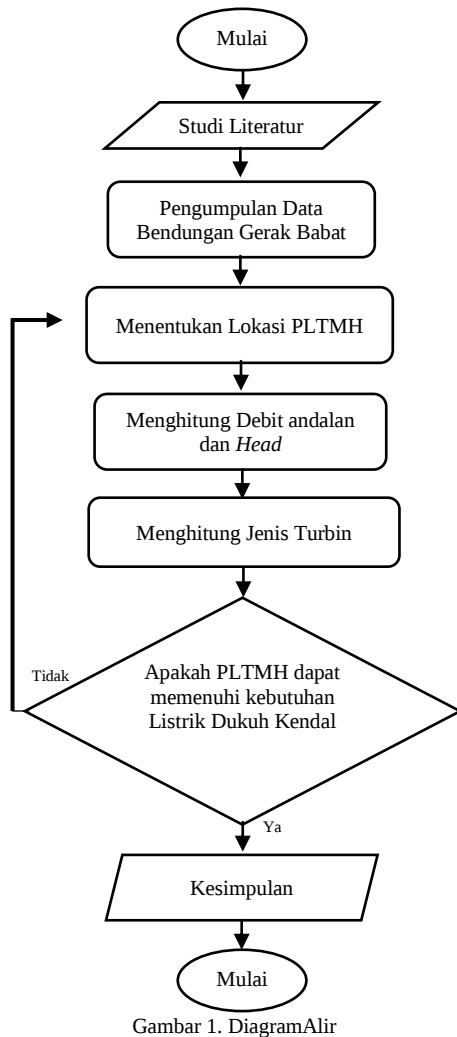
Namun demikian, studi potensi PLTMH di Bendung Gerak Babat masih sangat terbatas. Padahal, bendung ini memiliki debit air yang besar dan relatif stabil sepanjang tahun, serta topografi yang memungkinkan adanya *head nett* untuk menghasilkan energi listrik. Keberadaan infrastruktur bendung juga dapat menekan biaya konstruksi karena sebagian besar struktur utama telah tersedia. Selain itu, pengembangan PLTMH di lokasi ini dapat memberikan dampak positif terhadap masyarakat sekitar yang belum sepenuhnya terjangkau jaringan listrik PLN, serta mendukung pencapaian target energi terbarukan nasional.

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengevaluasi dan menganalisis potensi energi air di Bendung Gerak Babat sebagai sumber pembangkit listrik mikro hidro. Pengukuran debit dilakukan menggunakan metode apung, sedangkan *head* ditentukan berdasarkan data topografi dan elevasi. Penelitian ini juga bertujuan untuk menentukan jenis turbin yang sesuai dengan karakteristik lokasi, serta menghitung potensi daya listrik yang dapat dihasilkan berdasarkan parameter-parameter yang telah ditentukan. Dengan pendekatan teknis dan analitis, diharapkan penelitian ini dapat memberikan rekomendasi yang aplikatif dan mendukung implementasi pembangunan PLTMH di wilayah Kabupaten Lamongan [9].

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka pertanyaan dan tujuan utama dalam penelitian ini adalah: Bagaimana potensi energi air yang dimiliki oleh Bendung Gerak Babat berdasarkan perhitungan debit rata-rata, dan Berapa besar *headnett* yang tersedia dan bagaimana pengaruhnya terhadap daya terbangkit Serta Jenis turbin apa yang paling cocok digunakan untuk kondisi debit dan *headnett* di Bendung Gerak Babat

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan secara bertahap dan disusun dalam bentuk *flowchart* untuk memudahkan pemahaman alur kerja. *Flowchart* adalah diagram alir yang menggambarkan urutan proses secara visual, mulai dari identifikasi masalah hingga perencanaan sistem PLTMH. Tahapan dimulai dari studi literatur, dilanjutkan dengan survei lapangan, pengukuran debit menggunakan metode apung, serta perhitungan *headnett* menggunakan data topografi. Data tersebut dianalisis untuk menghitung potensi daya, menentukan jenis turbin yang sesuai, dan merancang sistem pembangkit. Seluruh proses ini divisualisasikan dalam diagram alir guna memberikan gambaran sistematis terhadap langkah-langkah penelitian yang dilakukan. Untuk lebih memperjelas metode dalam penelitian ini akan dijelaskan melalui diagram alir pada Gambar 1.



2.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Bendung Gerak Babat yang berlokasi di Kabupaten Lamongan, Provinsi Jawa Timur. Bendungan ini merupakan salah satu struktur pengendali aliran utama di bagian hilir Sungai Bengawan Solo dan memiliki potensi aliran air yang cukup stabil untuk dikembangkan sebagai sumber energi bagi pembangkit listrik tenaga mikrohidro. Pelaksanaan penelitian berlangsung dari bulan Januari hingga Maret 2025, meliputi beberapa tahapan kegiatan, antara lain kajian literatur, survei lapangan, pengumpulan data hidrologi dan topografi, analisis potensi energi, serta perancangan sistem pembangkit listrik mikrohidro.

Survei lapangan dilakukan secara langsung di sekitar area bendungan untuk memperoleh data penting seperti debit air, ketinggian jatuh air yang efektif (*head*), serta kondisi teknis dan lingkungan di sekitar lokasi. Informasi ini menjadi dasar dalam penyusunan rencana teknis dan pemilihan komponen pembangkit

yang tepat, sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar 2 [10].



Gambar 2. Bendung Gerak Babat

2.2. Pengukuran Debit Andalan

Berikut dijelaskan tahapan dalam mengambil data untuk keperluan perancangan. Pada saat melakukan Pengukuran debit sungai Bengawan Solo menggunakan metode Apung, Proses pengukuran debit air (Q) dimulai dengan menentukan lokasi pengukuran yang ideal. Karena digunakan metode apung, maka sebaiknya titik pengukuran dipilih pada bagian sungai yang alirannya relatif tenang dan lurus [11]. Setelah titik ditentukan, langkah selanjutnya adalah mengukur lebar dan kedalaman sungai guna memperoleh luas penampang aliran. Selanjutnya, ditentukan panjang lintasan sungai tempat pengukuran akan dilakukan. Pengukuran dilakukan dengan melepaskan benda yang dapat mengapung, seperti bola plastik atau botol bekas air mineral, dari titik awal hingga titik akhir lintasan. Waktu yang dibutuhkan benda apung untuk menempuh lintasan tersebut diukur menggunakan *stopwatch*. Data waktu tempuh ini kemudian digunakan untuk menghitung kecepatan aliran air. Kecepatan yang diperoleh dikalikan dengan luas penampang untuk mendapatkan nilai debit aliran. Peralatan yang digunakan dalam metode ini antara lain *stopwatch* untuk pencatatan waktu, tali dan tiang pembatas sebagai penanda titik awal dan akhir, benda apung sebagai indikator aliran, serta meteran untuk mengukur dimensi sungai seperti panjang, lebar, dan kedalaman. Dengan metode apung ini, pengukuran debit air dilakukan berdasarkan penghitungan kecepatan aliran dan luas penampang sungai. berikut rumus pengukuran debit [12]. dan Ilustrasi lebih lanjut mengenai pengambilan data debit ditunjukkan pada Gambar 3.

$$A = I \times h$$

$$V = s/t$$

$$Q = A \times V$$

Dengan :

A = Luas Penampang (m^2)

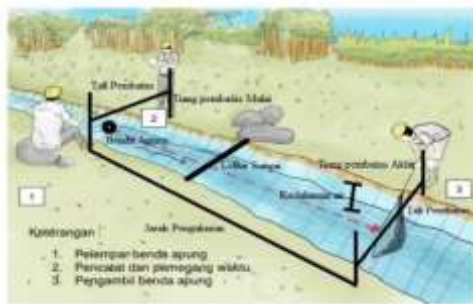
V = Kecepatan Air (m/s)

I = Lebar Aliran Air (m)

h = Kedalaman Air (m)

s = Jarak Botol Dialirkan (m)

t = Waktu



Gambar 3. Ilustrasi Pengukuran Debit Andalan

2.3. Pengukuran *Headnet*

Pengukuran *headnet* dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu menggunakan aplikasi *Google Earth* atau secara manual di lapangan. Dalam tahap perencanaan, penulis berencana melakukan pengukuran dengan kedua metode tersebut. Namun, untuk metode manual, pelaksanaannya akan disesuaikan dengan kondisi di lokasi saat survei, guna memastikan apakah memungkinkan dilakukan secara langsung di lapangan [13].

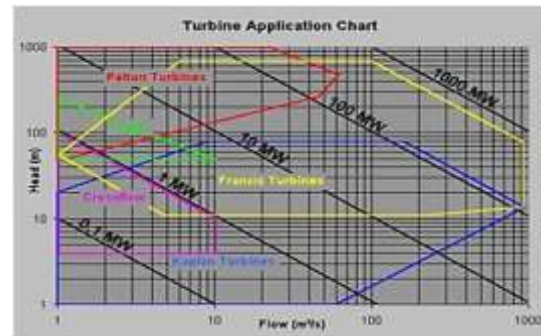
Sementara itu, pengukuran melalui *Google Earth* dilakukan dengan membandingkan elevasi antara titik awal dan titik akhir yang direncanakan sebagai jalur pipa pesat, seperti ditunjukkan dalam ilustrasi [8]. Metode ini dilakukan dengan melihat beda elevasi antara hulu dan hilir sebagai acuan menentukan *headnett*. Titik-titik yang digunakan untuk estimasi elevasi dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Titik Pengukuran Head

2.4. Penentuan Jenis Turbin

Pemilihan jenis turbin yang akan digunakan ditentukan berdasarkan hasil pengukuran debit aliran air serta nilai ketinggian terukur (*headnet*) dari lokasi. Kedua parameter ini, debit dan *head*, merupakan faktor utama dalam menentukan tipe turbin yang paling sesuai dengan kondisi lapangan. Setelah data debit dan *head* diperoleh dari hasil survei maupun perhitungan, data tersebut kemudian dibandingkan dengan klasifikasi karakteristik turbin air untuk menentukan jenis turbin yang optimal. Panduan pemilihan ini biasanya mengacu pada diagram atau grafik pemilihan turbin seperti yang ditampilkan pada Gambar 5



Gambar 5. Chart Penentuan Jenis Turbin

2.5. Perhitungan Potensi Daya

Hasil dari pengukuran debit dan *headnet* digunakan untuk memperkirakan potensi energi air yang tersedia. Energi ini kemudian menjadi dasar untuk menghitung daya yang dapat dimanfaatkan oleh turbin, dengan tetap mempertimbangkan efisiensi kerja turbin tersebut [14]. Selanjutnya, daya yang dihasilkan oleh turbin diteruskan melalui sistem transmisi mekanik seperti *v-belt* atau *flat belt* untuk menghitung daya yang ditransfer. Setelah itu, daya yang telah ditransmisikan digunakan untuk menghitung daya keluaran dari generator, dengan memperhatikan efisiensi generator [15]. Dengan proses ini, dapat diketahui potensi daya listrik yang bisa dihasilkan dari sistem pembangkit yang direncanakan. Berikut rumus perhitungan potensi daya:

Daya potensi air:

$$P_{air} = g \times Q \times H_n$$

Daya pada turbin:

$$P_{turbin} = g \times Q \times H_n \times Eff_{turbin}$$

$$P_{turbin} = P_{air} \times Eff_{turbin}$$

Daya transmisi mekanik:

$$P_{transmisi} = g \times Q \times H_n \times Eff_t \times Eff_{transmisi}$$

$$P_{transmisi} = P_{turbin} \times Eff_{transmisi}$$

Daya output generator:

$$P_{generator} = g \times Q \times H_n \times Eff_t \times Eff_{tr} \times Eff_{generator}$$

$$P_{generator} = P_{transmisi} \times Eff_{generator}$$

Dengan: P_{air} : Daya Potensi Air (kW)

P_{turbin} : Daya Pada Turbin (kW)

$P_{transmisi}$: Daya Transmisi Mekanik (kW)

$P_{generator}$: Daya Output Generator (kW)

g : Gravitasi (9.81)

Q : Debit Air (m^3/s)

H_n : *Headnett* (m)

Eff_{turbin} : Efisiensi Turbin (0,8-0,95)

$Eff_{transmisi}$: Efisiensi Transmisi (0,95 = *v belt*, 0,98 = *flat belt*)

$Eff_{generator}$: Efisiensi Generator (0,8-0,95)

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pengukuran Debit Air

Pengukuran debit dilakukan menggunakan metode apung untuk memperoleh data debit aktual di lokasi penelitian. Langkah-langkah mencakup pengukuran lebar aliran, kedalaman air, waktu tempuh benda apung, serta penghitungan kecepatan dan debit berdasarkan volume penampang dan kecepatan aliran. Tabel 3.1 menyajikan hasil pengukuran debit air di Bendung Gerak Babat sebanyak lima kali percobaan. Pengukuran dilakukan pada lintasan sejauh 5 meter, dengan lebar penampang 154 meter dan kedalaman 10 meter, berikut rumus pengukuran debit yang digunakan:

Luas Penampang

$$A = l \times h$$

$$A = 154 \times 10 = 1.540m^2$$

Kecepatan Air (Percobaan 1)

$$V = s/t$$

$$V = \frac{5}{13} = 0,38m/s$$

Debit Air

$$Q = A \times V$$

$$Q = 1.540 \times 0,38 = 585,2m^3/s$$

Tabel 1. Hasil pengukuran debit Bendungan Gerak Babat

No	Luas (m ²)	Jarak (m)	Waktu (s)	Kecepatan (m/s)	Debit (m ³ /s)
1	1540	5	13	0.38	585.2
2	1540	5	15	0.33	508.2
3	1540	5	18	0.27	414.8
4	1540	5	20	0.25	385.0
5	1540	5	22	0.22	338.8
Rata-rata					415.80

Seperti yang terlihat pada Tabel 1 rata-rata debit air yang diperoleh dari lima pengukuran adalah 415,80 m³/s.

Sebagai pembandingan, Tabel 2 menunjukkan data debit bulanan tahun 2024 dari instansi teknis terkait.

Tabel 2. Data Debit Air Bendung Gerak Babat Tahun 2024

Bulan	Debit (m ³ /s)
Januari	504.62
Februari	807.10
Maret	744.13
April	617.84
Mei	97.23
Juni	50.51
Juli	22.07
Agustus	17.56
September	33.28

Bulan	Debit (m ³ /s)
Oktober	4.75
November	263.74
Desember	740.57
Rata-rata	325.28

Nilai debit manual sebesar 415,80 m³/s berada dalam kisaran yang masih relevan dengan rata-rata data instansi sebesar 325,28 m³/s, dengan deviasi sekitar 27,83%. Perbedaan ini masih dapat ditoleransi dalam studi eksploratif PLTMH, mengingat metode apung memiliki akurasi sedang dan dipengaruhi kondisi saat pengukuran. Sementara itu, data instansi mencakup rata-rata tahunan dengan variasi musiman. Oleh karena itu, data manual ini tetap valid sebagai dasar awal perencanaan sistem PLTMH.

Perbedaan antara nilai pengukuran manual dan data instansi kemungkinan disebabkan oleh perbedaan waktu, metode, dan kondisi lapangan saat pengukuran dilakukan. Metode apung memberikan estimasi debit yang cukup akurat terutama pada kondisi aliran sedang hingga tinggi, dengan catatan bahwa aliran tidak terlalu turbulen dan lintasan pengukuran memadai [16]. Oleh karena itu, meskipun terdapat deviasi, hasil pengukuran tetap dapat digunakan dalam konteks studi awal potensi mikrohidro.

Debit yang besar ini menjadi fondasi utama dalam perhitungan daya listrik, yang nantinya akan dipengaruhi oleh efisiensi sistem, jenis turbin, serta tinggi jatuh air (*headnet*). Dengan debit di atas 400 m³/s, pilihan jenis turbin seperti Kaplan menjadi relevan, karena turbin ini optimal untuk kondisi *head* rendah dan debit besar.

Hasil ini menjawab tujuan pertama dari penelitian, yaitu mengetahui nilai debit aktual dan validasinya terhadap data resmi. Fakta bahwa kedua data memiliki selisih yang rasional menunjukkan bahwa metode pengukuran dan hasilnya dapat diterima sebagai dasar perencanaan teknis PLTMH

3.2. Pengukuran *Headnet*

Headnet (tinggi jatuh efektif) adalah selisih ketinggian antara elevasi muka air hulu dengan hilir setelah dikurangi rugi-rugi energi akibat gesekan dan turbulensi pada sistem aliran. Pengukuran *headnet* dilakukan dengan mengamati elevasi muka air hulu bendung dan hilir di lokasi rencana pemasangan pipa pesat. Pengamatan dilakukan menggunakan data topografi dari survei lokasi. Berdasarkan hasil pengukuran, elevasi muka air hulu tercatat sebesar 5,54 meter dan muka air hilir sebesar 2,59 meter. Dengan demikian, diperoleh tinggi jatuh efektif sebesar :

$$H_n = 5,54 \text{ m} - 2,59 \text{ m} = 2,95 \text{ m}$$

Titik awal dan akhir rencana pemasangan pipa pesat ditentukan berdasarkan hasil survey lokasi. Lokasi dipilih karena memiliki kemiringan optimal dan memungkinkan pemasangan sistem secara teknis efisien. Nilai *head* sebesar 2,95 meter termasuk dalam kategori *head* rendah, yang umum dijumpai di dataran rendah seperti Bendung Gerak Babat. Meski rendah, nilai ini tetap layak digunakan karena didukung oleh debit air yang besar. *Head* tersebut menjadi dasar dalam perhitungan daya dan dimensi pipa pesat, serta menentukan jenis turbin yang sesuai. Berdasarkan karakteristik ini, turbin Kaplan menjadi pilihan tepat karena optimal pada kondisi *head* rendah dan debit besar. Hasil ini mendukung perencanaan teknis PLTMH serta menjawab tujuan penelitian terkait analisis *head* yang tersedia di lokasi studi.

3.3. Penentuan Jenis Turbin

Penentuan jenis turbin dilakukan berdasarkan hasil pengukuran debit air dan tinggi jatuh efektif (*head*). Debit andalan rata-rata diperoleh sebesar 415,80 m³/s dan *head* sebesar 2,95 meter. Daya air tersedia dihitung menggunakan rumus :

$$P_{air} = \rho \times g \times Q \times H$$

Dengan $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$, $g = 9.8 \text{ m/s}^2$, $Q = 415,80 \text{ m}^3/\text{s}$ dan $H = 2,95 \text{ m}$ diperoleh daya air :

$$P_{air} = 12.020.778 \text{ Watt}$$

Daya efektif turbin dihitung dengan efisiensi turbin Kaplan antara 75%–85% :

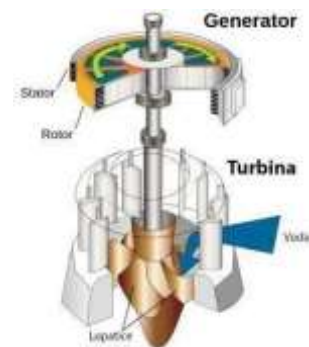
- Pada efisiensi 75%, daya turbin = 9,01 MW
- Pada efisiensi 85%, daya turbin = 10,22 MW

Nilai-nilai tersebut menunjukkan kisaran potensi daya listrik yang dapat dihasilkan secara efektif dari aliran air di Bendung Gerak Babat. Pemilihan jenis turbin dalam PLTMH harus mempertimbangkan dua parameter utama: debit air dan *head*. Berdasarkan data hasil pengukuran, lokasi Bendung Gerak Babat memiliki *head* rendah (2,95 m) dan debit air besar (>500 m³/s). Kondisi ini secara teknis sesuai dengan karakteristik operasional turbin Kaplan.

Turbin Kaplan termasuk dalam jenis turbin reaksi beraliran aksial, dirancang untuk bekerja optimal pada rentang *head* rendah 1–100 meter dan debit besar hingga 1000 m³/s. Fitur utama dari turbin ini adalah sudu baling-baling yang dapat diatur (*adjustable pitch*), yang memungkinkan efisiensi tinggi tetap terjaga meskipun terjadi fluktuasi debit atau *head*. Desain aliran aksialnya juga meminimalkan

hambatan, memungkinkan air dengan volume besar mengalir dengan efisien melalui turbin.

Rancangan visual generator dan turbin yang digunakan dalam sistem PLTMH, termasuk koneksi mekanik dari turbin ke generator, dapat dilihat pada Gambar 6. Gambar ini menjelaskan hubungan langsung antara konversi energi mekanik menjadi listrik.



Gambar 6. Generator dan Turbin

Penggunaan turbin Kaplan di lokasi ini tidak hanya didasarkan pada kesesuaian angka debit dan *head*, tetapi juga pada fleksibilitas operasional terhadap perubahan musiman yang umum terjadi di sistem aliran besar seperti Bengawan Solo. Kemampuan turbin untuk mempertahankan performa dalam berbagai kondisi menjadikannya pilihan paling rasional dan efisien.

3.4 Perhitungan Potensi Daya

Perhitungan potensi daya listrik PLTMH di Bendung Gerak Babat menggunakan debit rata-rata 415,80 m³/s karena nilai ini merupakan hasil pengukuran langsung di lapangan dengan metode apung, sehingga mencerminkan kondisi aktual aliran sungai. Debit ini tergolong besar dan cukup stabil, serta berada dalam kisaran wajar jika dibandingkan dengan data rata-rata tahunan instansi (325,28 m³/s).

Pemilihan debit tersebut bertujuan untuk memperoleh gambaran realistis mengenai potensi energi air yang tersedia dan mendukung perencanaan teknis, termasuk pemilihan jenis turbin. Dengan debit besar dan *head* rendah (2,95 m), turbin Kaplan menjadi pilihan yang paling cocok karena mampu bekerja optimal pada kondisi tersebut. Perhitungan dilakukan bertahap mulai dari daya air potensial, daya turbin, daya transmisi mekanik, hingga daya *output* generator dengan efisiensi sistem sebagai berikut :

- Efisiensi turbin : 85%
- Efisiensi transmisi mekanik : 95%
- Efisiensi generator : 95%

Hasil perhitungan diperoleh :

- Daya air potensial : 11.652,80 kW
- Daya turbin : 9.904,88 kW
- Daya transmisi : 9.409,63 kW

- Daya output generator : 8.939,15 kW

Perhitungan potensi daya Listrik dilakukan menggunakan rumus:

$$p = Q \times g \times H\eta$$

Rumus ini diadaptasi dari perhitungan daya air menurut Arismunandar (1991), dan umum digunakan dalam perhitungan pembangkit Listrik tenaga air (PLTA dan PLTMH) [17].

Selanjutnya, perhitungan daya bulanan selama satu tahun dilakukan dengan memasukkan nilai debit air bulanan yang diperoleh dari data instansi teknis. Hasil perhitungan disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Potensi Daya Listrik PLTMH Berdasarkan Debit Bulanan

No	Debit Bulanan (m ³ /s)	Daya Potensial (kW)
1	504,62	11.087,30
2	807,10	17.733,28
3	744,13	16.349,72
4	617,84	13.574,93
5	97,23	2.136,30
6	50,51	1.109,78
7	22,07	484,91
8	17,56	385,82
9	33,28	731,21
10	4,75	104,37
11	263,74	5.794,79
12	740,57	16.271,50
Rata-rata		7.204,00

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa potensi daya listrik di Bendung Gerak Babat sangat dipengaruhi oleh fluktuasi debit air bulanan. Bulan-bulan dengan curah hujan tinggi seperti Januari hingga April dan November–Desember menunjukkan potensi daya listrik yang tinggi, seiring meningkatnya volume aliran Sungai Bengawan Solo. Sebaliknya, pada bulan-bulan kering seperti Mei hingga Oktober, terjadi penurunan signifikan pada debit air dan menghasilkan daya listrik yang jauh lebih kecil. Nilai terendah terjadi pada bulan Oktober sebesar 104,37 kW, sedangkan nilai tertinggi tercatat pada bulan Februari sebesar 17.733,28 kW (17,73 MW).

Rata-rata potensi daya listrik selama satu tahun tercatat sebesar 7,204 MW, nilai ini menunjukkan bahwa meskipun *headnet* di lokasi relatif rendah, debit air yang besar dan cenderung stabil sepanjang tahun menjadikan bendung ini layak dikembangkan sebagai PLTMH, selain itu, hasil ini menunjukkan bahwa sistem PLTMH di lokasi tersebut membutuhkan manajemen air yang tepat, termasuk kemungkinan bypass saat musim hujan atau strategi penyimpanan energi ketika debit melebihi kapasitas operasional turbin. Hal ini menjawab tujuan penelitian

pertama dan kedua, yaitu mengidentifikasi potensi daya air dan kelayakan teknis berdasarkan debit dan *head*.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil studi dan analisis terhadap potensi dan perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) di Bendung Gerak Babat, dapat disimpulkan hal-hal berikut :

1. Debit air rata-rata hasil pengukuran manual menggunakan metode apung adalah sebesar 415,80 m³/s, dan nilai ini berada dalam kisaran yang konsisten dengan data sekunder debit bulanan yang dikumpulkan selama satu tahun.
2. Tinggi jatuh efektif (*headnet*) yang diperoleh dari hasil survei elevasi di lokasi perencanaan pipa pesat adalah sebesar 2,95 meter, yang masuk dalam kategori head rendah namun cukup stabil.
3. Berdasarkan debit dan *head* tersebut, potensi daya listrik tahunan yang dapat dihasilkan rata-rata mencapai 7,204 MW, dengan daya tertinggi sebesar 17,73 MW pada bulan Februari dan terendah 104,37 kW pada bulan Oktober.
4. Jenis turbin yang paling sesuai untuk diterapkan adalah turbin Kaplan, karena mampu bekerja optimal pada kondisi *head* rendah dan debit besar, serta memiliki efisiensi tinggi pada kondisi fluktuatif.
5. Secara umum, Bendung Gerak Babat layak dikembangkan sebagai lokasi PLTMH karena memiliki debit yang tinggi dan relatif stabil, sehingga dapat menghasilkan energi listrik berkelanjutan untuk mendukung kebutuhan energi di wilayah sekitarnya.

Perencanaan ini dapat menjadi acuan teknis awal dalam pembangunan pembangkit listrik skala mikro berbasis energi terbarukan di daerah dataran rendah. Sistem ini berpotensi mengurangi ketergantungan terhadap pembangkit berbahan bakar fosil serta mendukung penguatan ketahanan energi lokal di kawasan pedesaan. Penelitian selanjutnya disarankan untuk memasukkan aspek kelayakan ekonomi, analisis lingkungan, serta simulasi teknis lanjutan seperti perancangan detail struktur dan sistem kontrol, agar rancangan PLTMH dapat diterapkan secara optimal dan berkelanjutan.

Daftar Rujukan

- [1] Sansuadi, S., 2025. Evaluasi Ketimpangan Pembangunan Infrastruktur Ketenagalistrikan Di Indonesia: Dampak Dan Upaya Pemerataan Akses Energi. *JIRK*, 4, pp.8209-8224
- [2] Ardiansyah, I., 2024. Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Dengan Pompa Air Menggunakan Turbin Pelton Skala Prototype. *Jurnal Ilmiah Nusantara (JINU)*, 1 (5), pp.202–209, 2024.

- [3] Siahaan, S.H., Panjaitan, M., 2022. Analisis Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Di Desa Siboruon, Balige, Kabupaten Toba Samosir. *Buletin Poltanesa*, 23 (1), pp.266-271
- [4] Setyono, J.S., Mardiansjah, F.H., Astuti, M.F.K., 2019. Potensi Pengembangan Energi Baru dan Energi Terbarukan di Kota Semarang. *Jurnal Riptek*, 13 (2), pp.177-186.
- [5] Aziza, M.I., Wardoyo, W., Anwar, N., 2017. Simulasi Tampungan Bendung Gerak Sembayat Sebagai Longstorage Untuk Pemenuhan Kebutuhan Air Baku Dan Irigasi Di Kabupaten Lamongan Dan Wilayah Utara Kabupaten Gresik. *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, 15 (2), pp.73-88
- [6] Pangestu, M.I., 2019. *Studi Potensi Daya Listrik Bendungan Gerak Bojonegoro Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH)*. Strata 1. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- [7] Ardo, B., Emidiana., Perawati., 2022. Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) di Desa Tanjung Raman Talang Air Selepah Kecamatan Pendopo Kabupaten Empat Lawang. *Jurnal Tekno*, 19 (1), pp.81-92
- [8] Abdillah, M.F., Gunawan, G., Suprajitno, A., 2022. Studi Potensi dan Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro di Bendung Simbang Kecamatan Doro Kabupaten Pekalongan. *AVITEC*, 4 (1), pp.75-88.
- [9] Muttaqin, T., Ardayana., Y., 2018. Efektivitas Penggunaan Metode Tampung Dan Metode Apung untuk Perhitungan Debit Mata Air di Taman Hutan Raya Raden Soerjo,” 2018. *Daun Jurnal Ilmiah Pertanian dan Kehutanan*, 5 (1), pp.45-58.
- [10] Komala, Y.D., 2015. *Analysis of Universal Mobile Telecommunications Service (UMTS) Planning Using High Altitude Platform Station (HAPS)*. Strata 1. Bandung: Universitas Telkom.
- [11] Sofyan, M., Sudana, I.M., 2022. Analisis Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Berdasarkan Debit Air dan Kebutuhan Energi Listrik. *Jurnal Listrik Instrumentasi dan Elektronika Terapan*, 3(2), pp.31-39.
- [12] Murni, S.S., Suryanto, A., 2020. Analisis Efisiensi Daya Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Menggunakan Homer (Studi Kasus PLTMH Parakandowo Kabupaten Pekalongan). *Jurnal Listrik Instrumentasi dan Elektronika Terapan*, 1 (2), pp.34-38.
- [13] Siagian, A.W., Haykal., 2024. Kebijakan Energi Nasional : Analisis Domestic Market Obligation Batu Bara Dan Energi Terbarukan. *Majalah Hukum Nasional*, 54 (1), pp.1–22.
- [14] Elo, Y.L., Rusliadi., Syadinar, Z.F., 2023. Analisis Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (Pltmh) Pada Sungai Air Besar Kampung Air Besar Kabupaten Fakfak. *Journal Of Electrical Engineering And Technology*, 4 (1), pp.9-14.
- [15] Aprianingrum, U., 2020. Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaa Mikrohidro Di Sungai Torue Kabupaten Parigi Moutong. *Jurnal Sains Dan Teknologi Tadulako*, 6 (1), pp.11-20.